

СУЛЬФИДНЫЕ МИНЕРАЛЫ В ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТАХ ЧЕЛЯБИНСК, NORTHWEST AFRICA 869 И GAO-GUENIE

Гонцова С.С.¹, Максимова Е.М.¹, Петрова Е.В.², Даниленко И.А.², Наухацкий И.А.¹, Яковлев Г.А.²

¹Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Физико-технический институт, г. Симферополь, sgoncova@gmail.com

²Уральский федеральный университет, Физико-технологический институт, г. Екатеринбург

Сульфидные минералы присутствуют почти во всех типах метеоритов, имеющих разную метаморфическую историю. Самыми распространенными сульфидами в метеоритах являются минералы троилит FeS и пирротит Fe_{1-x}S , которые могут встречаться в соединении с другими сульфидами, такими как пентландит $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ и пирит FeS_2 [Rubin, 1996].

В настоящей работе рассмотрен химический и минеральный состав, а также морфология сульфидных включений в обыкновенных хондритах разных типов: Челябинск (LL5) светлая литология, NWA 869 (L4-6) и Gao-Guenie (H5) [Connolly, 2006; Grossman, 1999; Ruzicka, 2015]. По данным рентгенофазового анализа, проведенного на дифрактометре общего назначения ДРОН-3 с использованием медного монохроматического излучения Cu ($K_\alpha=1,542 \text{ \AA}$), установлено, что сульфидные включения в образцах метеоритов Челябинск и NWA 869 представлены троилитом, пирротинитом и пентландитом. Морфология включений сульфидных минералов в аншлифах исследуемых образцов изучена с помощью оптического микроскопа ZEISS Axiovert 40 MAT и растрового электронного микроскопа FE-SEM ZEISS SIGMA VP с системой микроанализа INCA Energy. Образцы для исследований были подготовлены по стандартной металлографической методике.

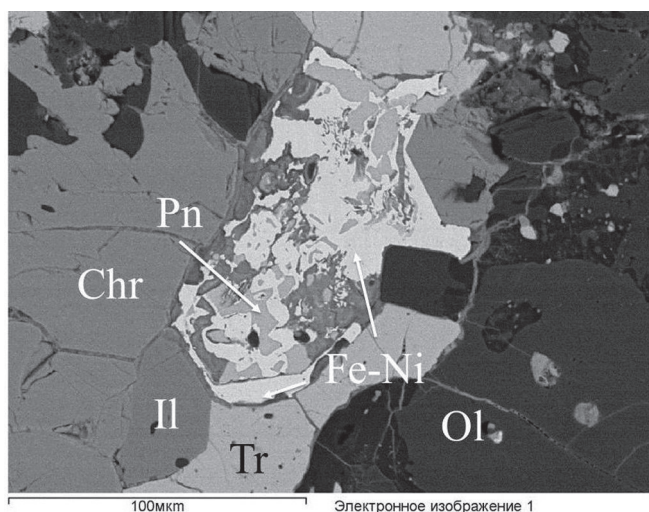


Рис. 1. Включение в обыкновенном хондрите Gao-Guenie (H5) (Tr – троилит, Pn – пентландит, Chr – хромит, Ol – оливин, Il – ильменит, Fe-Ni- сплав)

Таблица 1. Химический состав троилита из обыкновенных хондритов

Образцы	Химический состав, вес. %	
	Fe	S
Челябинск LL5	62,5	37,5
Norwest Africa 869 L4-6	63,3	36,7
Gao-Guenie H5	63,1	36,9

Таблица 2. Химический состав пентландита из обыкновенных хондритов

Образцы	Химический состав, вес. %			
	Fe	S	Ni	Cu
Челябинск LL5	57,3	28,7	8,3	5,7
Gao-Guenie H5	50,6	33,8	15,6	-

Во всех образцах троилит является доминирующей сульфидной фазой, обнаруженной в виде отдельных зерен и в ассоциации с Fe-Ni-сплавом. Пентландит обнаружен в виде включений в зернах тэнита/тэтратэнита и на границах раздела фаз в ассоциациях Fe-Ni-металл-троилит-медь (рис.1), а также в краевой части отдельных зерен троилита. Химический состав сульфидов исследованных обыкновенных хондритов представлен в таблицах 1 и 2.

В результате проведенных исследований обнаружены отличия в морфологии и химическом составе сульфидов в обыкновенных хондритах. В метеоритах NWA 869 и Gao-Guenie железистый пентландит наблюдается в краевых частях зерен троилита. Поскольку формирование пентландита происходит при температуре около 610°C при охлаждении высокотемпературного Fe-Ni-S расплава [Schrader, 2016], возможно, такая морфология пентландита связана с его зарождением на поздних стадиях кристаллизации троилита при относительно низких температурах. В химическом составе пентландита из обыкновенного хондрита Челябинск обнаружена медь. По всей видимости, это связано с диффузией меди в пределах троилита с последующей концентрацией во включениях пентландита.

Авторы выражают благодарность Некрасову В.И. за предоставленный образец метеорита Gaogouenite H5.

Настоящая работа выполнена при поддержке Программы развития ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» на 2015-2024 годы в рамках реализации академической мобильности по проекту ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» «Сеть академической мобильности «Академическая мобильность молодых ученых России – АММУР» в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», а также Министерства образования и науки Российской Федерации (Проекты 5.4825.2017 / 6.7 и 5.3451.2017 / 4.6) и Правительства Российской Федерации, Акт 211, Соглашение № 02.А03.21.0006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Connolly H. C., Zipfel J., Grossman J. N., Folco L., Smith C., Jones R. H., Righter K., Zolensky M., Russell S. S., Benedix G. K., Yamaguchi A., Cohen B. A. The Meteoritical Bulletin, No. 90 // Meteoritics & Planetary Science. 2006. V.41. N 9. pp. 1383–1418.
2. Grossman J.N. The Meteoritical Bulletin, No. 83 // Meteoritics & Planetary Science. 1999. V.34. pp. 169-186.
3. Ruzicka J., Grossman A., Bouvier C. D.K. Herd, Agee C.B. The Meteoritical Bulletin, No. 102 // Meteoritics & Planetary Science. 2015. V. 50. pp. 1662-1662.
4. Rubin A.E. Mineralogy of meteorite groups // Meteoritics & Planetary Science. 1997. V.32. pp. 231-247.
5. Schrader D.L., Davidson J., McCoy T.J.. Widespread evidence for high-temperature formation of pentlandite in chondrites // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2016. V. 189. Pp. 359-376.